

# Modelo de Sistema *Fuzzy* para Apoio ao Processo de Decisão Sobre Áreas de Pesquisa

Jessica da Silva Santos e Alcides Xavier Benicasa  
Departamento de Sistemas de Informação - DSI  
Universidade Federal de Sergipe - UFS  
Itabaiana-SE, Brasil  
e-mail: jessica.ufs@hotmail.com; alcides@ufs.br

**Resumo**—Este artigo objetiva o desenvolvimento de um modelo a ser utilizado como ferramenta de apoio ao processo de decisão sobre áreas de pesquisa para a elaboração de trabalhos de conclusão de curso, utilizar a interdisciplinaridade e o censo comum para a análise do aproveitamento de disciplinas e, finalmente, fornecer resultados adequados a perfis específicos usando como alicerce a lógica *Fuzzy*. Para desenvolvimento e validação do sistema proposto utilizamos como alimentação dados de egressos do curso de Sistemas de Informação, porém o modelo proposto pode ser direcionado a qualquer área de domínio.

**Keywords**—Lógica *Fuzzy*; Tomada de Decisão; Trabalho de Conclusão de Curso;

## I. INTRODUÇÃO

Dentre os desafios submetidos aos discentes de cursos superiores, escolher corretamente uma área específica não é uma tarefa trivial. A diversificação das grades que compõem atualmente os cursos tem como objetivo trabalhar subáreas da área de domínio escolhida pelo discente, envolvendo o máximo do processo interdisciplinar necessário. Entretanto, a afinidade por áreas específicas ocorrem de acordo com o próprio perfil.

A informação que irá nortear a área que mais se adequa ao discente é o ponto principal a ser analisado, pois se trata da representação computacional do conhecimento de um ou mais especialistas. Considerando os padrões de aproveitamento de disciplinas, existem valores estáticos de graus para a definição de conceitos como, por exemplo, excelente, bom, regular e insuficiente. O conceito excelente, por exemplo, é atribuído para graus entre  $[9..10]$  e o conceito bom para valores entre  $[8..9]$ . Desta forma, um aproveitamento de valor 8.99 será conceituado bom, porém, ao utilizarmos o censo comum e a proximidade, o grau 8.99 seria conceituado como excelente.

Este trabalho objetiva desenvolver um modelo a ser utilizado como ferramenta de apoio ao processo de decisão sobre áreas de pesquisa para a elaboração de trabalhos de conclusão de curso, utilizar a interdisciplinaridade e o censo comum para a análise do aproveitamento de disciplinas e, finalmente, fornecer resultados adequados a perfis específicos.

Contudo, sistemas convencionais não tratam o censo comum e, portanto, para o desenvolvimento deste trabalho será proposto um sistema com uso de lógica *fuzzy*, por ser uma teoria que trata de valores imprecisos, definidos em um intervalo de valores e não de um valor exato. Assim, ao descrever um sistema que sugere uma área de pesquisa para o discente, existe a necessidade de expressar dados que se apresentam de uma forma incerta, para isto devemos considerar o senso comum de especialistas ao analisar a interdisciplinaridade para a análise do aproveitamento de disciplinas.

No decorrer deste trabalho serão apresentadas as principais características de sistemas *fuzzy*, enfocando principalmente o modelo de inferência de Mamdani [4], o qual será utilizado.

## II. SISTEMAS *Fuzzy*

O conceito de sistemas *fuzzy*, mais precisamente a lógica *fuzzy*, foi introduzido por [10]. Colocado inicialmente como uma extensão da lógica tradicional, ele se baseia em que uma proposição lógica não é necessariamente verdadeira ou falsa, mas possui, de fato, graus de verdade. Na teoria clássica dos conjuntos, o conceito de pertinência de um elemento a um conjunto é bem definido. Sendo assim, para um conjunto  $A$  contido em um universo  $X$ , os elementos deste universo simplesmente pertencem ou não àquele conjunto.

Na teoria dos conjuntos *fuzzy* uma função característica permite assumir um número infinito de valores no intervalo de  $[0, 1]$ . Assim, podemos dizer que um conjunto *fuzzy*  $A$  em um universo  $X$  é definido por uma função de pertinência  $\mu_A: X \rightarrow [0, 1]$  que associa a cada elemento  $x$  de  $X$  um número  $\mu_A(x)$  no intervalo  $[0, 1]$ , o que representa o grau de pertinência de  $x$  em  $A$ . Esta teoria vem sendo utilizada para tratar problemas que envolvam informações imprecisas, ajudando no desenvolvimento de soluções, de forma a aproximar o comportamento humano, comparado à soluções encontradas utilizando a teoria clássica de conjuntos.

Os sistemas *fuzzy* baseiam-se na teoria de conjuntos *fuzzy* e regras *fuzzy*, utilizando o conceito de pertinência de cada elemento ao conjunto para modelar as regras imprecisas e seu processamento. De acordo com [1], [2], uma das

vantagens da abordagem da lógica *fuzzy* que pode-se citar é o fato de que em um sistema *fuzzy* o conhecimento é armazenado na forma em que o especialista humano o transmite, utilizando termos linguísticos sem um grau exato, como por exemplo o uso dos termos alto, baixo e muito alto.

Dessa forma, um sistema *fuzzy* tem como objetivo modelar o modo aproximado de raciocínio, permitir o desenvolvimento de sistemas que imitam a habilidade humana em tomar decisões racionais em um ambiente de incerteza e imprecisão, capturando informações imprecisas da linguagem natural, convertendo-as para a forma numérica[5].

#### A. Base de Conhecimento

A maneira mais comum de armazenar informações em uma base de conhecimento é a sua representação por meio de regras de produção. Esta definição, assim como grande parte das definições referente aos processos envolvidos no modelo de inferência de Mamdani, foi descrita no trabalho de Almeida apud [6].

Uma regra de produção normalmente é formada por duas partes principais:

$$\text{if } \langle \text{antecedente} \rangle \text{ then } \langle \text{consequente} \rangle, \quad (1)$$

onde o *antecedente* é composto por um conjunto de condições que, quando totalmente satisfeitas, ou satisfeitas parcialmente, determinam o processamento do *consequente* da regra por um mecanismo denominado de inferência *fuzzy*, definindo assim o disparo de uma regra. Por sua vez, o *consequente* é composto por um conjunto de ações ou diagnósticos que são gerados com o disparo da regra. Os *consequentes* das regras disparadas são processados em conjunto para gerar uma resposta determinística para cada variável de saída do sistema.

#### B. Modelo de Inferência de Mamdani

A semântica é que vai definir para o mecanismo de inferência como serão processados os *antecedentes*, quais serão os indicadores de disparo das regras e quais os operadores utilizados sobre os conjuntos nebulosos existentes para executar o processamento de conhecimento. Tipicamente, utilizam-se modelos de inferência *fuzzy* específicos de acordo com as propriedades sintáticas definidas, ou seja, o modelo de processamento definido para o sistema de conhecimento vai depender basicamente da forma de armazenamento de informações escolhida [9]. A Figura 1 demonstra o esquema do modelo de inferência proposto por Mamdani.

O modelo de Mamdani inclui módulos de interface que mapeiam variáveis de entrada em conjuntos *fuzzy* equivalentes e, posteriormente, os valores *fuzzy* gerados em variáveis numéricas proporcionais, adequadas para os sistemas de atuação existentes.

A regra semântica tradicionalmente utilizada para o processamento de inferências com o modelo de Mamdani é chamada de inferência *Max-Min*. Utilizando operações de união e intersecção entre conjuntos, por meio de operadores de máximo e mínimo, respectivamente. Considerando uma regra de produção *fuzzy* genérica apresentada a seguir, o método de inferência *Max-Min* será detalhado:

$$\begin{aligned} &\text{if } x_1 = A_i \text{ and } x_2 = A_j \text{ and } \dots \text{ and } x_p = A_j \\ &\text{then } y_1 = B_i \text{ and } y_2 = B_m, \end{aligned} \quad (2)$$

onde  $x_i$  são as entradas do sistema,  $A_1, \dots, A_j$ , são termos primários definidos nas partições *fuzzy* de cada variável de entrada,  $y_1$  e  $y_2$  são variáveis de saída e  $B_1, \dots, B_m$  são termos primários definidos em suas partições *fuzzy*.

Durante o processo de *fuzificação*, visto na figura 1, os *antecedentes* de cada regra são processados por meio da intersecção entre os graus de pertinência das entradas atuais, que são valores escalares nos termos primários definidos de cada uma. Este processo gera um grau de pertinência de disparo para cada regra de produção.

A Máquina de Inferência gera um grau de pertinência de ativação para cada regra, onde ocorre a implicação do operador escolhido. As regras de inferência são definidas na base de conhecimento em torno de declarações do tipo *if-then*, que descreve a ação a ser feita em resposta a várias entradas *fuzzy*.

Todas as regras para as quais o coeficiente de disparo for maior que zero são ditas regras que disparam para as entradas atuais. A conversão *fuzzy-escalar* transforma informações qualitativas em uma informação quantitativa, sendo um processo de especificação, chamado de *defuzificação*.

O método do centro de massa, ou centróide, é um dos mais utilizados para o processo de *defuzificação*, o valor escalar de saída é determinado, para um conjunto nebuloso de saída proveniente de uma base de conhecimento processada, pelo cálculo da abscissa (no universo de discurso definido para a variável em questão) do ponto de centro de massa correspondente.

### III. EXEMPLOS DE CONTROLE FUZZY

A lógica *fuzzy* pode ser aplicada atualmente em diversas áreas onde a devido sua característica de lidar com problemas reais em um raciocínio próximo do humano. Abaixo segue uma lista de algumas características de sistemas onde a aplicação da Lógica Fuzzy é necessária ou benéfica (McNeil e Thro (1994)):

- sistemas complexos que são difíceis ou impossíveis de modelar;
- sistemas controlados por especialistas [humanos];
- sistemas com entradas e saídas complexas e contínuas;
- sistemas que se utilizam da observação humana como entradas ou como base para regras;

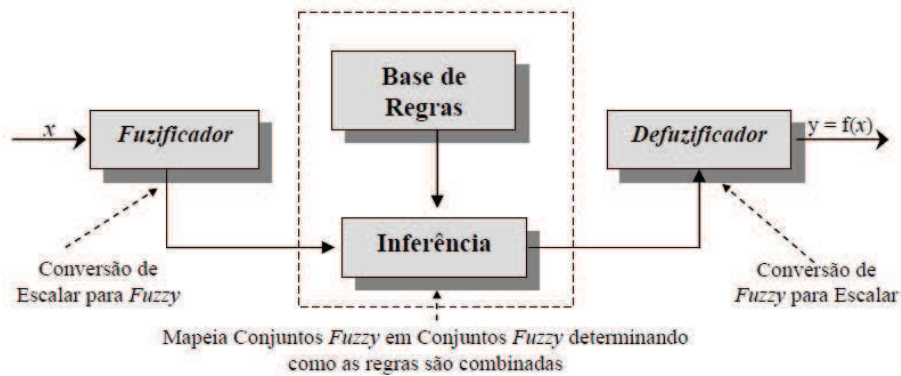


Figura 1. Esquema do modelo de inferência de Mamdani

Tabela I  
BASE DE CONHECIMENTO

Regras	Entradas					Saídas					
	<i>vPRG</i>	<i>vBD</i>	<i>vPDS</i>	<i>vGI</i>	<i>vIA</i>	<i>sGIC</i> ( <i>vPDSe</i> <i>vGI</i> )	<i>sGP</i> ( <i>vBDe</i> <i>vPDS</i> )	<i>sESI</i> ( <i>vPDS</i> )	<i>sES</i> ( <i>vPRGe</i> <i>vPDS</i> )	<i>sIA</i> ( <i>vIA</i> )	<i>sBD</i> ( <i>vBD</i> )
1	O	O	O	O	O	I	I	I	I	I	I
2	O	O	B	O	O	I	I	A	I	I	-
3	O	O	S	O	O	A	F	F	A	A	-
4	B	B	O	B	B	I	I	-	I	A	A
5	B	B	B	B	B	A	A	-	A	A	-
6	B	B	S	B	B	A	F	-	A	F	-
7	S	S	O	S	S	A	A	-	A	A	F
8	S	S	B	S	S	F	F	-	F	F	-
9	S	S	S	S	S	F	F	-	F	F	-

- sistemas que são naturalmente "vagos", como os que envolvem ciências sociais e comportamentais, cuja descrição é extremamente complexa.

Farias apresentou uma proposta para facilitar o trabalho de profissionais especializados em violência doméstica contra as mulheres de forma a sugerir uma mudança estratégica nas tomadas de decisão diante do combate a violência domestica, modelando um sistema *fuzzy* que usa violência, horários e locais de eventos como parâmetros de entrada, sugerindo alocando de veículos da polícia em locais com níveis mais elevados de violência [3].

Um outro trabalho que envolve a Lógica *fuzzy* para apoio à decisão foi realizado em [8], ao propor um sistema de avaliação difuso para auxiliar o professor na decisão do conceito final dos estudantes críticos que utilizam ambiente de educação a distância. Os conceitos finais são definidos de 0 a 10 em: Insuficiente (0 a 4.9), Regular (5 a 6.9), Bom (7 a 8.9) ou Excelente (9 a 10). E o estudante crítico é aquele cuja nota final, média calculada de todo semestre, for muito próximo de notas que determinam outros conceitos, por exemplo se a nota final é 6.9 (pertencente ao intervalo REGULAR), esse valor está próximo de 7 (pertencente ao intervalo que delimita o conceito BOM).

#### IV. O MODELO PROPOSTO

Para desenvolvimento e validação do sistema proposto utilizamos como alimentação dados de egressos do curso de Sistemas de Informação, porém o modelo proposto pode ser direcionado à qualquer área de domínio. De maneira geral, o sistema receberá médias aritméticas de graus obtidos em grupos de disciplinas de teor comum e retornará a área de pesquisa mais adequada ao perfil.

As disciplinas da grade curricular foram agrupadas em subáreas, de acordo com a opinião de especialistas, com o objetivo de reduzir a quantidade de regras na base de conhecimento. Durante o processo de inferência, a média aritmética obtida em cada subárea é convertida em um conjunto de graus de pertinência, nos termos primários definidos para cada variável linguística. Consideramos as seguintes variáveis linguísticas de entrada: programação (*vPRG*), banco de dados (*vBD*), processo de desenvolvimento de software (*vPDS*), gestão da informação (*vGI*) e inteligência artificial (*vIA*). Devido a semelhança entre os termos primários, foram representados pelos seguintes conjuntos *fuzzy*: satisfatório (*S*), bom (*B*) e ótimo (*O*), representados empiricamente por funções triangulares.

Os vetores de pertinências obtidos, de acordo com o processo de inferência, foram utilizados para limitar os conjuntos *fuzzy* de cada variável linguística de saída, se-

gundo a base de conhecimento definida. Consideramos as seguintes variáveis linguísticas de saída: gestão da informação e do conhecimento (*sGIC*), gerência de projetos (*sGP*), estratégia de sistemas de informação e modelos inovadores de negócios (*sESI*), engenharia de software (*sES*), inteligência artificial (*sIA*), sistemas distribuídos (*sSD*) e banco de dados (*sBD*). Cada variável linguísticas de saída, representada pelos conjuntos *fuzzy*: fora da área (*F*), apto à área (*A*) e área ideal (*I*), teve como objetivo indicar sua pertinência ao perfil imputado, apresentando, por meio do método de conversão *fuzzy*  $\rightarrow$  escalar do centro de massa, um grau de aptidão para cada área em questão com valores entre  $[0 \dots 10]$ .

A base de conhecimento foi composta por um conjunto de regras, de acordo com o conhecimento de especialistas de cada área, constituindo um total de 87 regras (Tabela I). As regras, por questões de espaço, foram dispostas em 9 linhas, de forma que cada linha contenha informações de até 11 regras. Por exemplo, o valor *I* da linha 1 coluna *sGIC* representa a seguinte regra: se os conceitos obtidos na subárea de gestão da informação (*vGI*) e processo de desenvolvimento de software (*vPDS*) forem ótimos, a área de pesquisa de gestão da informação e do conhecimento (*sGIC*) seria indicada como área ideal (*I*).

## V. CONCLUSÃO

O sistema *fuzzy* para o apoio à tomada de sobre áreas de pesquisa foi validado por diversos especialistas de cada área, onde sugestões de áreas de pesquisa geradas pelo sistema, a partir de dados de discentes egressos, foram comparadas e validadas de acordo com a sugestão dos especialistas, o que vem a concluir o objetivo principal deste trabalho. É também importante observar que as áreas de pesquisas utilizadas neste trabalho, assim como a base de conhecimento, são peças de suma importância ao funcionamento do sistema, e seu refinamento sucessivo pode aumentar, de forma significativa, a inteligência geral do sistema e a abrangência de novas áreas de pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- [1] COX, E. The fuzzy Systems handbook, AP Professional, San Diego, 2nd edition, 1998.
- [2] JAGER, R. Fuzzy Logic in Control. Ph.D. Thesis. Delft University of Technology. Delft, the Netherlands., 1995.
- [3] FARIAS, A. M. G.; LOPES, D. C.; CASTRO, A. F.; MAGALHÃES R. V. Sistema Fuzzy no Combate a Violência Doméstica, 10th Brazilian Congress on Computational Intelligence, Fortaleza, Brazil, 2011.
- [4] MAMDANI, E. H. Application of Fuzzy Logic to Approximate Reasoning using Linguistic Synthesis, Queen Mary College, London, 1977.
- [5] MENDEL, J. M. Fuzzy Logic Systems for Engineering: A Tutorial. Proceedings of the IEEE. *IEEE*, v. 83, p. 345–377, 1999.
- [6] REZENDE, S. O. Sistemas Inteligentes - Fundamentos e Aplicações. Editora Manole Ltda. Barueri, SP, 2003.
- [7] SIMOES, M. G e SHAW, I. S. Controle e Modelagem Fuzzy, 2ª edição, Blucher, 2007.
- [8] SILVA, H. A. N.; LINO, A. D. P.; SANTOS, T. L. T.; MORAIS, R. F.; SILVEIRA, A. M.; FAVERO, E. L. Um sistema baseado na lógica difusa para decidir os conceitos finais dos estudantes críticos. *WEI*, 2008.
- [9] TEODORO, F. H. Desenvolvimento de um sistema de inferência nebulosa para detecção e diagnóstico de falhas em transformadores de potência, XIII Encontro Regional Ibero Americano de Cigré, 2009.
- [10] ZADEH, L. A. Fuzzy Sets. *Information and Control*, v. 8, p. 338–353, 1965.